

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam (SDA), sehingga pada era reformasi ini secara optimis diharapkan banyak didirikan industri pembuatan bahan dasar yang nantinya dapat mengurangi ketergantungan terhadap luar negeri. Industri bahan dasar ini diharapkan dapat membantu untuk menyerap tenaga kerja dan menambah devisa negara serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Dalam sektor industri di Indonesia, industri dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yakni industri besar dan industri kecil. Kategori tersebut didasarkan pada kemampuan yang menyangkut aspek teknologi, manajemen, keuangan, dan pemasaran. Sampai saat ini pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sub sektor industri kimia yang berskala besar. Namun Indonesia belum bisa mandiri, ketergantungan impor dari luar negeri masih besar jika dibandingkan dengan ekspornya. Ketergantungan ini mengakibatkan devisa dalam negeri berkurang, maka perlu adanya usaha untuk menanggulangi ketergantungan terhadap impor.

Industri yang saat ini berkembang pesat adalah industri polimer yang dapat menghasilkan bahan – bahan polimer untuk kebutuhan sehari – hari. Bahan dasar yang dibutuhkan industri polimer adalah dimetil tereftalat atau disingkat DMT dengan rumus $C_6H_4(COOH_3)_2$. DMT adalah dimetil ester dari asam tereftalat (AT) yang berupa kristal putih.

Dalam industri dimetil tereftalat (DMT) sebagai produk *intermediate* digunakan untuk pembuatan polietilen tereftalat (PET) dan polibutilen tereftalat (PBT). PET dan PBT adalah salah satu bahan baku untuk pembuatan serat poliester, film poliester, dan resin botol. Bahan polimer tersebut diproduksi oleh industri di Indonesia dengan bahan baku dimetil tereftalat (DMT) yang cukup banyak.

Tabel 1.1. Produsen Industri PET Resin di Indonesia

Industri	Lokasi	Propinsi
PT Mitsubih Chemical Indonesia	Cilegon	Banten
PT Indorama Synthetic	Purwakarta	Jawa Barat
PT Petnesia Resindo	Tangerang	Banten
PT Polypet Karya Persada	Cilegon	Banten
PT Sungyong Keris	Tangerang	Banten

(Badan Pusat Statistik, 2012)

Dengan meningkatnya jumlah permintaan plastik, tekstil, dan serat sintetis maka kebutuhan dimetil tereftalat (DMT) sebagai salah satu bahan baku untuk membuat tekstil dan serat sintesis juga akan meningkat. Namun kebutuhan dimetil tereftalat (DMT) tersebut semuanya dipenuhi dari impor karena bahan ini belum diproduksi di dalam negeri khususnya Indonesia.

Menurut CEH report (Sesto, Barbara, dan Masahiro Yoneyama. 2010) menyatakan konsumsi dimetil tereftalat (DMT) di dunia mencapai 27 juta ton/tahun dengan kecepatan kenaikan konsumsi sebesar 4% per tahun. Konsumsi dimetil tereftalat (DMT) di masa yang akan datang dapat diperkirakan akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan – bahan polimer, sehingga perlu dilakukan prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) terlebih dahulu untuk menganalisa kelayakan pendirian pabrik DMT di Indonesia.

1.2. Kapasitas Prarancangan

Dalam penentuan kapasitas prarancangan suatu pabrik diperlukan pertimbangan antara lain ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk, dan kapasitas pabrik sejenis. Pada prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) dari asam tereftalat (AT) dan metanol (CH_4O) ini direncanakan berkapasitas 150.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1.2.1. Prediksi kebutuhan DMT di Indonesia

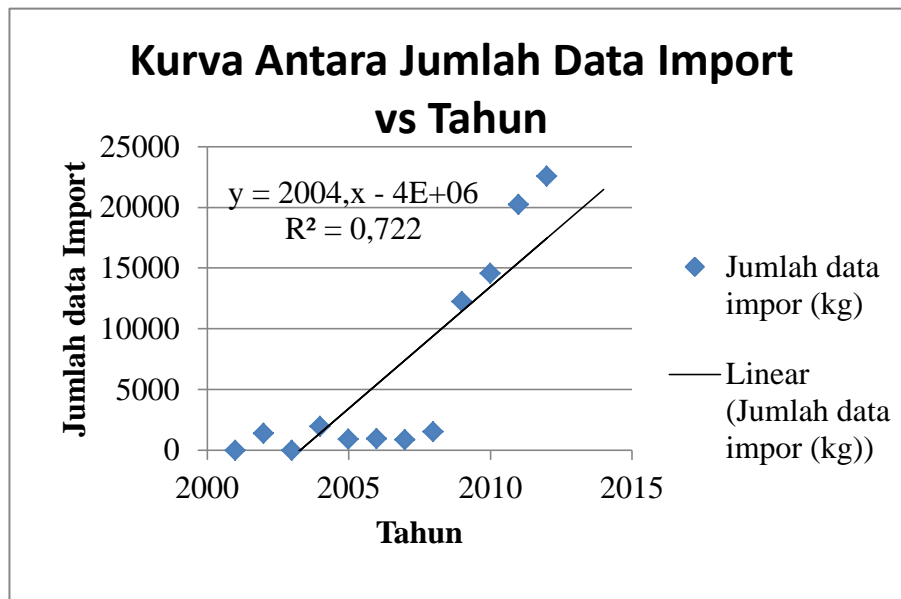
Berdasarkan data yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2012, kebutuhan DMT di Indonesia cukup banyak dan meningkat setiap tahunnya. Adapun jumlah data ekspor maupun impor dapat di lihat pada tabel 1.2 dari tahun 2001 – 2012.

Tabel 1.2. Data impor DMT di Indonesia tahun 2001 – 2012

No	Tahun	Jumlah data ekspor (ton)	Jumlah data impor (ton)
1.	2001	91.166	0
2.	2002	0	1.412
3.	2003	0	0
4.	2004	480.833	1.963
5.	2005	0	919
6.	2006	0	963
7.	2007	0	894
8.	2008	0	1.521
9.	2009	0	12.250
10.	2010	0	14.586
11.	2011	0	20.250
12.	2012	0	22.576

(Badan Pusat Statistik, 2012)

Dari data di atas untuk jumlah data ekspor pada tahun 2005 sudah tidak berproduksi sedangkan data impor dimetil tereftalat (DMT) cenderung mengalami kenaikan 20,52% dari tahun ke tahun. Didapatkan persamaan garis lurus $y = 2004x - 4 \times 10^6$, di mana y adalah impor dimetil tereftalat (DMT) pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun. Grafik impor DMT dapat di lihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Grafik kebutuhan impor dimetil tereftalat di Indonesia

Dari persamaan di atas $y = 2004x - 4.10^6$, besarnya impor dimetil tereftalat (DMT) di Indonesia untuk tahun 2014 sebesar 36.056 ton. Dalam hal ini kapasitas yang diambil dalam prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) sebesar 150.000 ton/tahun sehingga bisa mampu untuk mencukupi kebutuhan impor dan sisanya 113.944 ton dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan dalam negeri atau diekspor.

1.2.2. Kapasitas pabrik DMT di luar negeri

Kebutuhan dimetil tereftalat (DMT) tidak hanya diperlukan di Indonesia tetapi di luar negeri. Adapun pabrik – pabrik DMT yang sudah berdiri di luar negeri, antara lain :

1. *Bombay Dyeing and Manufacturing Co.Ltd* di India dengan kapasitas 165.000 ton/tahun,
2. *Bongaigaon Refeneries and Petrochemicals Limited (BRPL)* di India dengan kapasitas 145.000 ton/tahun,
3. *Brasken* di Brasil dengan kapasitas 80.000 ton/tahun,

4. *Dupont Old Hickory, Tenn* di USA dengan kapasitas 371.946 ton/tahun,
5. *Eastman Columbia, S.C* di USA dengan kapasitas 371.946 ton/tahun,
6. *Eastman Kingsport, Tenn* di USA dengan kapasitas 444.520 ton/tahun, dan
7. *Kosa Willmington, N.C.* di USA dengan kapasitas 703.068 ton/tahun.

Persyaratan kapasitas pabrik yang didirikan harus berada di atas kapasitas minimum atau paling tidak sama dengan kapasitas pabrik yang sedang beroperasi di dalam negeri ataupun luar negeri. Saat ini kapasitas pabrik terkecil dari berbagai pabrik yang didirikan dan masih beroperasi adalah 80.000 ton/tahun di Brasil, sedangkan kapasitas pabrik terbesar yang masih beroperasi adalah 703.068 ton/tahun di *Kosa Willmington N.C, USA*.

Pada prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) ini dipilih dengan kapasitas 150.000 ton/tahun, kapasitas itu diambil di atas pabrik *Bongaigaon Refeneries and Petrochemicals Limited (BRPL)* di India. Dengan kapasitas sebesar itu diharapkan pendirian pabrik dimetil tereftalat bisa layak didirikan di Indonesia.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan masalah pokok untuk menunjang agar pabrik tersebut tepat, ekonomis, dan menguntungkan yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan keuntungan pada jangka panjang. Lokasi pabrik yang dipilih dalam prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) adalah kota cilegon, Banten. Adapun faktor – faktor yang dapat dipertimbangkan antara lain :

Kota Cilegon merupakan pintu gerbang utama yang menghubungkan Pulau Jawa dengan Pulau Sumatera. Kota Cilegon terletak antara 105°54'05" -

106°05'11" bujur timur dan 5°52'24" - 6°04'07" lintang selatan. Dengan luas 175,50 Km², Kota Cilegon mempunyai batas – batas wilayah :

1. Sebelah Utara : Kecamatan Bojonegara, Kabupaten Serang
2. Sebelah Timur : Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang
3. Sebelah Selatan : Kecamatan Anyar dan Kecamatan Mancak, Kabupaten Serang
4. Selatan Barat : Selat Sunda

1.3.1. Faktor Primer

1.3.1.1. Bahan Baku

Lokasi bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan hidup suatu pabrik dimetil tereftalat (DMT). Lokasi pabrik dimetil tereftalat (DMT) harus dekat dengan sumber bahan baku yaitu asam tereftalat yang diperoleh dari PT Mitsubishi Chemical Indonesia di Cilegon, Banten. Sedangkan lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan yang nantinya dengan mudah dapat mengakses penyediaan bahan baku utama berupa metanol yang diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri Bontang, sehingga dapat menjamin keamanan dalam pengiriman arus bahan baku dan ongkos transportasi.

1.3.1.2. Pemasaran

Dimetil tereftalat (DMT) merupakan salah satu produk yang tidak dapat langsung dikonsumsi masyarakat namun bahan tersebut harus diolah melalui *treatment* terlebih dahulu dalam proses industri kimia seperti pabrik yang mengelolah plastik, tekstil, dan resin. Pemilihan lokasi pabrik diusahakan dekat dengan kawasan pemasaran, produk dimetil tereftalat (DMT) ini merupakan produk yang banyak dijumpai di kota Jakarta dan industri sekitarnya. Kota Cilegon, Banten merupakan salah satu kawasan industri dekat dengan kota Jakarta dan kawasan industri sekitarnya sehingga mempunyai daerah pemasaran yang baik. Pemasaran dimetil

tereftalat (DMT) selain untuk mencukupi kebutuhan impor dalam negeri, sebagian dapat diekspor ke negara lain.

1.3.1.3. Utilitas

Kota Cilegon merupakan kawasan industri sehingga kebutuhan utilitas cukup terpenuhi antara lain energi, air, dan bahan bakar dapat diatasi. Penyediaan energi berupa tenaga listrik bisa berasal dari generator yang dibangun sendiri maupun dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) setempat. Penyediaan bahan bakar didapatkan dari Pertamina. Sedangkan penyediaan utilitas utamanya berupa air sungai yang bisa memanfaatkan dari sungai Cidanau, apabila tidak mencukupi maka dapat diatasi dengan kerja sama bersama pihak pabrik penyedia air yakni PT Krakatau Tirta Indonesia, PDAM Cilegon, dan PDAM Seran.

1.3.1.4. Tenaga kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada suatu pabrik ialah tenaga kerja yang berlatar belakang berpendidikan menengah dan sarjana. Kota Cilegon merupakan kota yang cukup padat, maka tenaga kerja dapat diambil dari daerah sekitar lokasi bahkan di luar lokasi pabrik yang berupa *skill* maupun *unskill labour*.

1.3.2. Faktor Sekunder

1.3.2.1. Tanah dan iklim

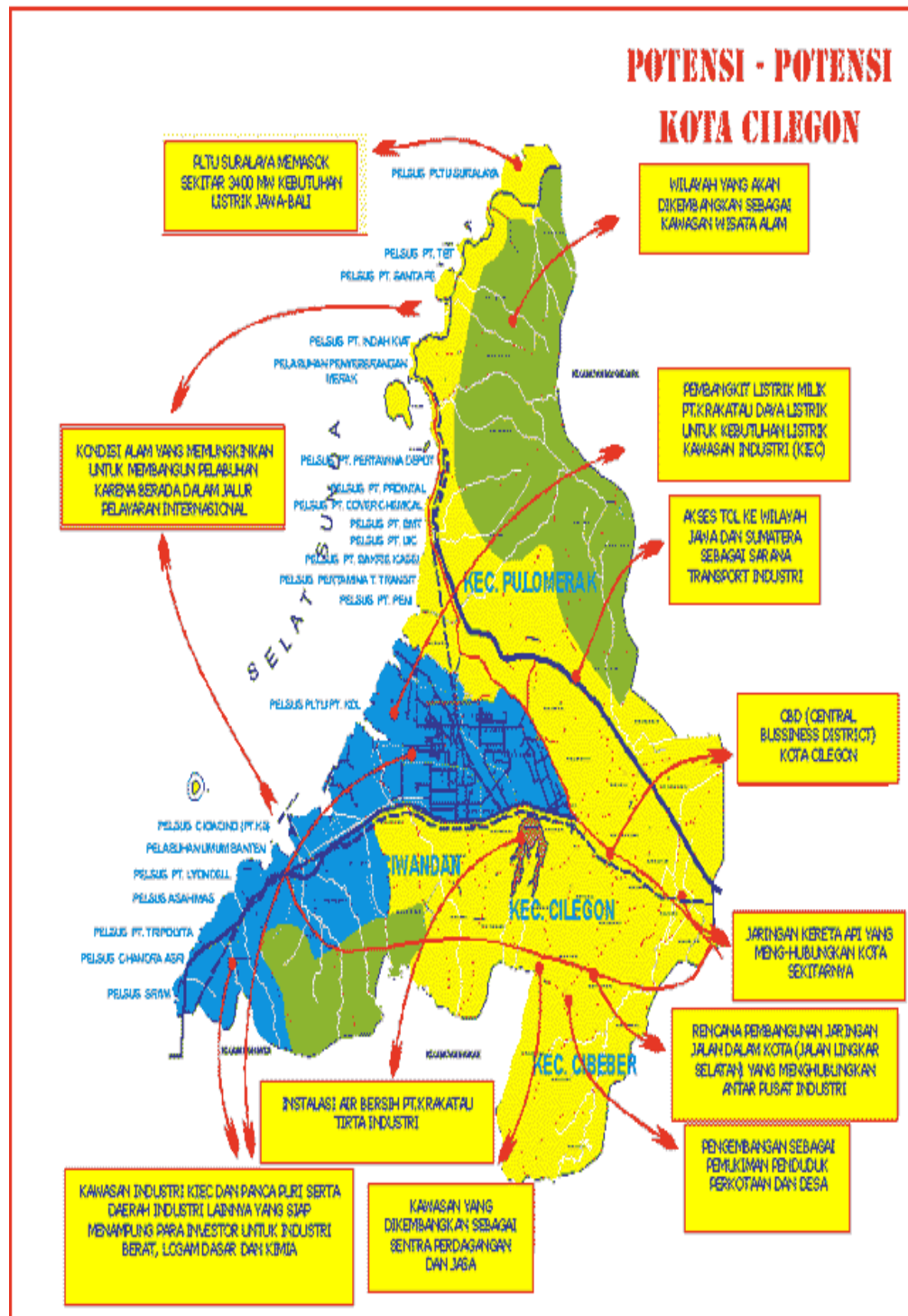
Penentuan suatu kawasan industri terkait masalah tanah, yaitu tanahnya cukup stabil, tidak rawan terhadap tanah longsor, gempa bumi maupun banjir. Jadi pemilihan lokasi untuk mendirikan pabrik di kawasan industri Cilegon sudah tepat walaupun masih diperlukan kajian lebih lanjut terkait masalah tanah sebelum didirikan pabrik. Sedangkan kondisi iklim di kota Cilegon, Banten umumnya tidak membawa pengaruh yang besar terhadap jalannya proses produksi.

1.3.2.2. Keadaan masyarakat

Kota Cilegon merupakan kawasan industri dan berada dalam kategori kota yang sudah diduduki dari berbagai suku bangsa. Pembangunan pabrik dimetil tereftalat (DMT) di lokasi Cilegon dipastikan akan mendapatkan tanggapan maupun sambutan yang baik dan dukungan dari masyarakat setempat serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat khususnya kota Cilegon.

1.2.2.3. Kebijakan pemerintah

Kota Cilegon merupakan kawasan industri yang berada dalam teritorial negara Indonesia, sehingga kebijakan pemerintah di kota tersebut meliputi pajak, karakter tanah, pengolahan limbah, perlindungan terhadap banjir maupun pengadaan energi sudah diperhitungkan dan tersedia. Di samping itu, dalam penerapan otonomi daerah maka investasi akan mendapat dukungan dari pemerintah setempat maka hal ini sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik dimetil tereftalat (DMT).



Gambar 1.2. Lokasi pendirian pabrik dimetil tereftalat (DMT)

(Cilegon, 2014)

1.4. Tinjauan Pustaka

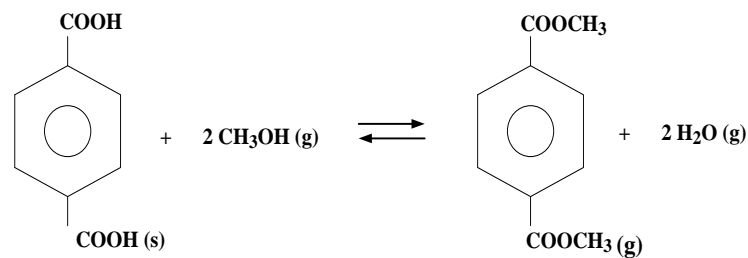
1.4.1. Macam – macam proses pembuatan DMT

Dimetil tereftalat (DMT) merupakan senyawa ester yang berbentuk kristal, larut dalam metanol dan beberapa senyawa organik seperti kloroform, dioksan, etilen, diklorid. Dimetil tereftalat (DMT) diproduksi dari hasil esterifikasi AT dengan metanol dengan bantuan katalisator (Othmer, 1982). Adapun beberapa proses esterifikasi yang telah dikembangkan yaitu :

1. Esterifikasi Asam tereftalat (AT) dan metanol dalam fase gas dengan menggunakan katalis alumina aktif pada reaktor *fixed bed*. Reaksi berlangsung pada suhu 300 – 330 °C dengan tekanan 1 atm. (US. Patent 3.377.376 dan US. Patent 3.972.912)
2. Esterifikasi Asam tereftalat (AT) dan metanol dalam fase cair dengan menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi langsung 2-3 jam pada suhu 150 °C dan pada tekanan yang tinggi. Proses ini berlangsung lama sehingga ester yang terbentuk banyak terurai akibat panas dan butuh pemurniaan yang khusus untuk memisahkan hasil dengan katalis (Groggins, 1958)
3. Esterifikasi Asam tereftalat (AT) dan metanol dalam fase cair dengan menggunakan katalis logam seperti *zinc*, *molybdenum*, *antimony*, dan timbal. Reaksi berlangsung pada suhu 250 – 330 °C. (Othmer, 1982)
4. *Witten Hercules Process*, proses ini dipadukan menggunakan *p-xilene* dengan menggunakan katalis *cobalt*. Oksidasi dilakukan pada suhu 149 °C atau 300 °F dan tekanan 100 psia. Oksidasi esterifikasi dengan metanol membentuk metil toluate. Metil toluate dioksidasi dengan katalis *cobalt* menjadi mono metil tereftalat. Kondisi reaksi pada 205 °C atau 400 °F dan tekanan 200–300 psia. Mono metil tereftalat diesterifikasi dengan metanol terlebih dahulu membentuk dimetil tereftalat. Dari proses ini diperoleh konvensi sebesar 87%.

Proses ini lebih rumit karena adanya lebih dari satu tahap reaksi yang mempunyai kondisi operasi yang berbeda, sehingga peralatan yang digunakan lebih banyak dan lebih kompleks.

Pada proses di atas maka pemilihan pertama yang akan dijadikan proses prarancangan pabrik dimetil tereftalat (DMT) adalah proses esterifikasi asam tereftalat (AT) dan metanol karena lebih sering dipakai dan lebih ekonomis serta banyak dikembangkan secara komersial. Reaktor yang digunakan juga lebih mudah dikontrol jika dibandingkan dengan proses yang lain. Adapun reaksi esterifikasi sebagai berikut ini :



Gambar 1.3. Reaksi esterifikasi asam tereftalat dengan metanol

1.4.2. Kegunaan produk

Dalam industri, dimetil tereftalat (DMT) sebagai produk *intermediate* digunakan dalam pembuatan polietilen tereftalat (PET) dan polibutilen tereftalat (PBT). PET dan PBT ini akan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan serat poliester, film poliester, dan resin botol. Serat poliester dalam industri tekstil digunakan untuk pakaian, bahan gorden, kain pelapis, kawat ban, ikat pinggang, dan kaos kaki. Sedangkan poliester film yang dilapisi dengan emulsi kimia digunakan sebagai *x-ray* dan *microfilm*. Dimetil tereftalat (DMT) juga dimanfaatkan dalam aplikasi yang lain seperti botol poliester sebagai pembungkus makanan/minuman, bahan *intermediate* pada *adhesive*, *coating*, *engineering resin*, dan sebagainya.

1.4.3. Sifat fisis dan kimia bahan baku serta produk reaksi (Yaws, 1999)

1.4.3.1. Bahan baku

➤ Asam Tereftalat

Sifat fisis :

1. Rumus molekul : p – C₆H₄ (COOH)₂
2. Jenis : *Technical Grade*
3. Berat molekul : 166,128 g/gmol
4. Fase / warna : Kristal berwarna putih
5. Ukuran : 5 – 300 μm
6. Kemurnian : 98,5% AT
1,5% impuritas (logam katalis Co)
7. *Specific gravity* : 1,510 (25 °C)
8. Triple point : 427 °C
9. Titik sublimasi : 303 °C
10. Titik leleh : 303 °C
11. Kelarutan dalam 100 g metanol
25 °C : 0,1 g
160 °C : 2,9 g
200 °C : 15 g
12. Tekanan uap
300 °C : 1,3 kPa
353 °C : 13,3 kPa
370 °C : 26,7 kPa
387 °C : 53,3 kPa
404 °C : 101,3 kPa

Sifat kimia :

- Tidak larut dalam air, larut dalam dimetil tereftalat, dimetil formanit, metanol
- Bereaksi dengan metanol membentuk dimetil tereftalat
- Bereaksi dengan thionil halida membentuk tereftalat halida

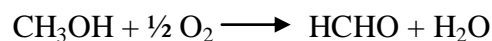
➤ Metanol

Sifat fisis :

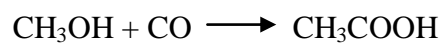
1. Rumus molekul : CH_3OH
2. Fase / warna : Cair dan tidak berwarna
3. Berat molekul : 32,04 g/gmol
4. Titik lebur : $- 97,58^\circ\text{C}$
5. Titik didih (1 atm) : $64,7^\circ\text{C}$
6. Kemurnian : 99,4% metanol
0,6% air
7. Densitas (25°C) : $0,78664 \text{ g/cm}^3$
8. Viskositas (25°C) : 0,539 cp

Sifat Kimia :

- Larut dalam air, alkohol, ester, dan pelarut organik lain
- Dehidrogenasi oksidatif dengan katalis *silver* / molybdenum oksida membentuk formaldehid



- Karbonilasi dengan katalis kobalt / rhodium membentuk asam asetat



- Dehidrasi dengan katalis asam membentuk dimetil eter dan air



➤ Katalis

Sifat fisis :

1. Jenis : Alumina aktif ($\pm 1\% \text{ KOH}$)
 2. Bentuk : Pellet granular
 3. ρ padatan : $1,88 \text{ g/cm}^3$
 4. ϵ_p (*pore volume inside*) : 0,725
- katalis/ volume katalis : $1 - (\rho_b / \rho_p)$

keterangan :

- ρ_b (bulk density) : 0,3267 g/cm³
- d_p (diameter partikel) : ¼ inchi
- luas muka : 175 m²/gram
- mean pore radius : 45 Å

4.1.1.1. Produk

➤ Dimetil tereftalat

Sifat fisis

1. Rumus molekul : P – C₆H₄ (COOCH₃)₂
2. Jenis : *Technical Grade*
3. Berat molekul : 194,18 g/gmol
4. Fase / warna : Kristal berwarna putih
5. Kemurnian : 94 % DMT
0,002% metanol
5,998 % air
6. Ukuran : 0,3 – 1,5 mm
7. *Specific gravity* (25 °C) : 1,283
8. Triple point : 140,64 °C
9. Titik leleh : 141 °C
10. Titik didih : 284 °C
11. Kelarutan dalam 100 g metanol : 25 °C : 1,0 g
60 °C : 5,7 g
12. Tekanan uap : 148 °C : 1,3 kPa
210 °C : 13,3 kPa
233 °C : 26,7 kPa
258 °C : 53,3 kPa
284 °C : 101,3 kPa

Sifat kimia :

Jika bereaksi dengan etilen glikol akan mengalami polimerisasi membentuk polietilen tereftalat

1.4.4. Tinjauan proses secara umum

Dimetil tereftalat (DMT) diproduksi secara kontinu dengan proses esterifikasi asam tereftalat (AT) dengan metanol dalam fase gas. Proses untuk reaksi pada fase gas ini dengan bahan baku asam tereftalat (AT) yang berbentuk kristal harus disublimasikan terlebih dahulu dengan uap metanol, dengan tujuan mempurifikasi asam tereftalat (AT) dari zat – zat impuritas yang volatilitasnya lebih rendah dan logam yang tidak tersublimasi. *Excess* metanol yang digunakan harus sangat berlebihan untuk menyublimasi asam tereftalat (AT). Asam tereftalat (AT) dan metanol dalam fase gas selanjutnya diesterifikasi di *fixed bed* reaktor dengan katalis alumina aktif (Alumina A + 1% KOH)

Reaksi esterifikasi berlangsung secara *eksotermis* dan *adiabatis*. Reaksi berlangsung dengan cepat pada suhu 300 – 330 °C dengan tekanan 1 atm dan konversi reaktor bisa mencapai 96 – 99% dan reaksi samping sangat sedikit. Suhu reaktor terbatas pada maksimal 330 °C karena diatas suhu 330 °C akan terjadi *minor disintegration*, reaksi samping akan banyak, dan problem teknik akan muncul. (US Patent 2.972.912)

Asam tereftalat (AT) yang tidak teresterifikasi dapat didesublimasi dan *directly* kembali ke reaktor. Keluaran dari reaktor berupa dimetil tereftalat (DMT) maupun produk lainnya akan diembunkan agar dimetil tereftalat (DMT) pada fase gas mengembun dan selanjutnya dipisahkan dari metanol dengan kristalizer. Hasil kristalisasi tersebut difiltrasi dengan *centrifugal filtration*. Padatan hasil filtrasi dikeringkan lebih lanjut di *rotary dryer* sehingga diperoleh produk dimetil tereftalat (DMT)